

UJI KEMAMPUAN PENGOPERASIAN INSINERATOR UNTUK MEREDUKSI LIMBAH KLINIS RUMAH SAKIT UMUM HAJI SURABAYA

Euis Nurul Hidayah

Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jatim

ABSTRACT

The increase of hospital activity caused waste, especially clinic waste. Incinerator were used to reduce dangerous effect of clinic waste. The research was carried out too, to investigate the correlation between process time incineration and weight of waste with reduction of waste. Then knowing the rate constant. The research method is description statistic method using regrestion linier analytiC. The ability of incinerator to reduce waste until 85% for 3-4 hours. The capability of incinerator based on process time and weight massa following reaction kinetic first orde, and k (rate reaction) optimum=1,0132 on 5 kg massa and k minimum=0,6839 on 30 kg massa. Process time more have influence than weight massa, considered to $X = 0,756 \cdot M^{-0,003087} \cdot t^{0,06216}$.

Keywords : clinic waste, incinerator, rate reaction

ABSTRAK

Peningkatan limbah khususnya limbah klinis rumah sakit merupakan akibat dari adanya peningkatan kegiatan pada rumah sakit. Insineratordigunakan untuk mereduksi dampak berbahaya dari limbah klinis. Penelitian dilakukan untuk meneliti korelasi antara waktu proses insinerasi dan berat limbah dengan reduksi limbah. Sehingga diperoleh laju konstanta.

Penelitian ini menggunakan analisa secara statistik dengan menggunakan analisa regresi linier. Kemampuan insinerator untuk mereduksi limbah mencapai 85% selama 3-4 jam. Kemampuan insinerator berdasarkan waktu proses dan berat massa mengikuti kinetika reaksi orde satu dan k (laju reaksi) optimum =1,0132 dengan 5 kg massa dan k minimum=0,6839 pada 30 kg massa. Waktu proses lebih berpengaruh dari pada berat massa, dengan berdasarkan kepada $X = 0,756 \cdot M^{-0,003087} \cdot t^{0,06216}$.

Kata kunci : limbah klinis, insinerator, laju reaksi

PENDAHULUAN

Pengadaan insinerator di rumah sakit di Indonesia, merupakan sesuatu yang umum dilakukan. Pengopersian insinerator memerlukan pertimbangan yang matang sehingga mencapai kondisi yang efektif. Untuk memprediksi ukuran dan kapasitas insinerator, diperlukan informasi mengenai jumlah limbah yang dimusnahkan. Salah satu limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit adalah limbah klinis, disamping limbah non domestik (non medis). Untuk mengatasi limbah klinis dapat dilakukan melalui insinerator.

Insinerator merupakan teknologi pengolahan limbah klinis yang dapat memusnahkan komponen berbahaya, volume limbah dapat direduksi sampai 5 – 15% berupa abu, menghasilkan energi. Ketiga hal tersebut dapat diperoleh secara bersamaan, sehingga insinerasi dianggap sebagai salah satu cara mengolah limbah yang ideal (Reinhardt, 1995). Pemusnahan limbah klinis disesuaikan dengan kapasitas tungku pembakaran serta kemampuan insinerator dalam mereduksi limbah klinis.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan insinerator dalam mereduksi limbah klinis rumah sakit dan untuk mengetahui pengaruh waktu operasi (t) dan massa limbah klinis (M) terhadap uji kemampuan insinerator dalam pembentukan abu pada proses insinerasi

ditinjau dari segi kinetika yang meliputi orde reaksi (n) dan konstanta kecepatan reaksi (k).

TINJAUAN PUSTAKA

- Limbah Klinis

Menurut UU RI No 23, 1997, limbah klinis adalah limbah yang berasal dari pelayanan medis, perawatan gigi, veterenary, farmasi atau sejenis; penelitian, pengobatan, [erawatan, penelitian atau pendidikan yang menggunakan bahan-bahan yang beracun, infeksius, berbahaya atau membahayakan, kecuali jika dilakukan pengamanan tertentu. Menurut WHO & Depkes RI, 1991, limbah klinis adalah limbah yang berasal dari pelayanan medis, perawatan gigi, veterenary, farmasi atau sejenis; serta limbah yang dihasilkan di rumah sakit pada saat dilakukan perawatan atau pengobatan atau penelitian.

Klasifikasi limbah klinis dikelompokkan berdasarkan sampah medis dan bentuknya pengelolaannya (Depkes RI, 1997).

Berdasarkan sampah medis :

1. Kelompok A : perban bekas pakai, sisa lap/tissue, sisa potongan tubuh manusia atau benda lain yang terkontaminasi.
2. Kelompok B : sputum bekas, jarum suntik bekas, pecahan kaca, dll
3. Kelompok C : bahan atau sisa obat-obatan bahan kimia.

4. Kelompok D : perlak, tempat penampungan urine dan muntah, bantal, dll.

Berdasarkan bentuknya : benda tajam, limbah infeksius limbah sitotoksik, jaringan tubuh, limbah farmasi, limbah radioaktif, limbah plastik.

- Komposisi dan Ukuran Limbah Klinis

Komposisi limbah klinis meliputi : kapas, verban, botol/slang infus/tranfusi darah, jarum/alat suntik, lancet, kateter, pembalut wanita, kantung colosiomy/emesis, silet/pisau operasi, botol obat, ampul, jarum dan benang jahit, jaringan tubuh (Elliza D, 1997).

Ukuran berta/volume limbah klinis rata-rata 10,25 lb/day (=4,6494 kg/hari) dari buangan pasien, terdapat 0,38 (=0,172 kg) yang tergolong infeksius (Stoner, 1982). APHA merekomendasikan kuantitas sampah yang bisa terbakar adalah 4,85 lb/ft³ (=77,75 kg/m³) (Depkes RI, 1997).

- Insinerator

Insinerator merupakan alat atau sarana untuk membakar *refuse* dengan pembakaran bahan bakar yang minim. Insinerasi adalah proses pengurangan atau perubahan bentuk sampah yang sudah terbakar pada suhu optimum 1400oF – 1800oF. Fungsi utama insinerasi untuk mengurangi volume dan jumlah serta

menyucihamakan 5 – 15% berat limbah yang tersisa sebagai residu. Untuk kepadatan limbah 13 – 17 lbm/ft³, diperkirakan 10% berat limbah tersisa sebagai residu jika pembakarannya sempurna. Jika insinerator bersuhu rendah, volume limbah yang tereduksi 80-95% (Bodman, 1972).

Secara umum ada 3 jenis insinerator, yaitu Open Incinerator, Semi Closed Incinerator dan Closed Insinerator. Ada jenis-jenis lain yang sederhana (drying pan, rock pit, multiple self, dll)(Freedman, 1978). Semua insinerator memerlukan waktu istirahat untuk pemeliharaan, namun akan menguntungkan jika dapat beroperasi selama 70 – 80% dari waktu yang ada. Hal ini untuk mengurangi kerusakan dan untuk mencapai kemampuan reduksi 80 – 90% terhadap limbah yang diolah (Yul H.Bahar, 1996).

- Faktor Yang Mempengaruhi Proses Insinerasi

- a. Komposisi atau Jenis Limbah
Perlakuan terhadap limbah klinis yang akan diolah dengan komposisi limbah yang karakteristiknya tidak dibedakan sehingga kondisinya yang homogen untuk setiap pembakaran.
- b. Waktu Insinerasi

Waktu mempengaruhi produk (reduksi abu) yang dihasilkan, semakin lama proses insinerasi, maka reduksi abu semakin tinggi. Sehingga untuk mendapat hasil yang optimal, maka diperlukan waktu operasi yang optimal pula.

Proses pembentukan abu dianggap mengikuti bentuk persamaan kecepatan reduksi orde satu, sehingga diperoleh persamaan :

$$-\ln (1 - X) = k \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

X = limbah yang tereduksi, bagian

T = waktu proses, jam

K = konstanta kecepatan reaksi

Persamaan 1 dapat diselesaikan berdasarkan data hasil percobaan berbagai variasi kadar abu terhadap massa limbah dan waktu proses. Sehingga didapat persamaan :

$$X = n \cdot M^{n1} \cdot t^{n2} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

X = limbah yang tereduksi, bagian

T = waktu proses, jam

M = berat limbah, kg

N, n1, n2 = konstanta regresi linier

c. Suhu

Suhu sangat berpengaruh, berdasarkan persamaan Arrhenius semakin tinggi suhu, semakin besar nilai konstanta kecepatan reduksi sehingga kecepatan reduksi bertambah dan konversi naik.

d. Berat Limbah

Berat limbah dipengaruhi produk hasil sebagai perbandingan berat % reduksi abu, maka :

$$\% \text{ reduksi} = (M_0 - M_1) \times 100\% / M_0 \dots\dots(3)$$

dengan :

M₀ = berat limbah awal, kg

M₁ = berat limbah setelah insinerasi, kg

- Mikroba dan Suhu

Jika ditinjau dari jenis mikroba, bakteri yang dapat ditemukan pada limbah klinis seperti sel vegetatif, Brucella, Streptococcus, Salmonella pada suhu 62°C (30 menit)–72°C (15 menit) dapat dimatikan (Reinhardt, 1995). Pada kondisi asam, suhu maksimal bakteri dapat hidup adalah 80°C. Sedangkan pada keadaan basa pada 90°C (Muslimin, 1995). Abu merupakan salah satu produk reduksi limbah klinis, sementara dapat dinyatakan bebas dari mikroba sehingga aman bagi lingkungan. Namun sebelum dibuang ke landfill, perlu dilakukan uji TCLP (*Toxicity*

Concentrate Leaching Procedure) untuk mengetahui kadar kandungan toksik atau logam berat.

METODOLOGI

Sampel berupa limbah klinis yang mudah dibakar. Limbah berasal dari seluruh pelayanan Rumah Sakit Umum Haji Surabaya, kecuali limbah farmasi, limbah radioaktif dan limbah kamar jenazah. Hal ini karena limbah farmasi dimanfaatkan kembali, limbah radioaktif dikembalikan ke distributor, sedangkan untuk limbah kamar jenazah RSUHS tidak menerima jenazah lebih dari 24 jam. Alat Insinerator yang digunakan didesain oleh PT. Dian Mitratama menggunakan isolator thermal dan *ash scrubber coloum*.

Limbah klinis yang telah ditimbang dengan variasi berat 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 kg (sesuai dengan kapasitas insinerator RSUHS) dimasukkan kedalam insinerator, kemudian dilakukan setting waktu insinerasi (pembakaran) bervariasi, yaitu 1, 2, 3 dan 4 jam. Sebelum dilakukan pembakaran terlebih dahulu diberikan supply oksigen (pengeringan) selama 1 jam. Setelah dingin, pengambilan hasil insinerasi (abu) dapat dilaksanakan, kemudian ditimbang untuk mengetahui hasil reduksi limbah klinis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai reduksi limbah klinis dengan memvariasikan massa limbah dan waktu proses terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Massa Limbah (M, kg) pada Variasi Waktu (t, jam) Terhadap Nilai Reduksi (X, %)

Massa (M,kg)	Waktu Proses (t, jam)			
	1	2	3	4
5	82,88	84,5	95,3	96,04
10	80,44	83,16	93,39	95,44
15	78,22	80,89	92,54	94,29
20	75,68	79,22	91,51	93,54
25	73,32	77,44	90,75	91,65
30	70,29	77,58	89,67	90,70

Sumber: Data Primer

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan insinerator untuk mereduksi limbah klinis hingga 85 % yang dicapai saat pembakaran 3 jam. Hasil yang sama ditunjukkan pula pada waktu proses 4 jam. Penurunan nilai reduksi diikuti oleh bertambahnya massa limbah yang berlaku untuk semua waktu proses. Hal ini menunjukkan bahwa massa limbah dapat mempengaruhi nilai reduksi pada proses insinerasi.

Penentuan nilai k dengan memasukkan nilai konversi (X) dan (t) ke persamaan 1 sehingga diperoleh nilai $-\ln(1-X)$ pada berbagai variasi seperti ditunjukkan pada tabel 2.

UJI KEMAMPUAN INSINERATOR UNTUK MEREDUKSI LIMBAH KLINIS RUMAH SAKIT
Euis Nurul Hidayah

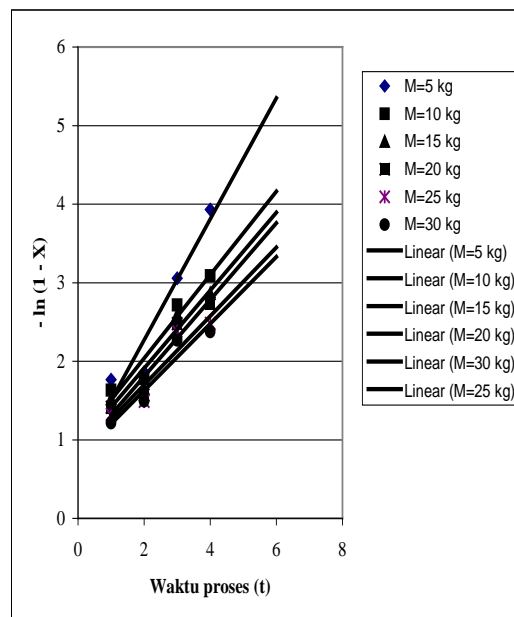
Tabel 2. Penentuan Nilai $-\ln(1-X)$

M= 5 kg		M = 10 kg		M = 15 kg	
t	$-\ln(1-X)$	t	$-\ln(1-X)$	t	$-\ln(1-X)$
1	1,765	1	1,632	1	1,524
2	1,864	2	1,781	2	1,655
3	3,058	3	2,717	3	2,596
4	3,932	4	3,088	4	2,863
M= 20 kg		M = 25 kg		M= 30 kg	
t	$-\ln(1-X)$	t	$-\ln(1-X)$	t	$-\ln(1-X)$
1	1,414	1	1,321	1	1,214
2	1,571	2	1,489	2	1,495
3	2,478	3	2,381	3	2,270
4	2,740	4	2,483	4	2,375

Sumber: Data Primer

Nilai konstanta kecepatan reduksi (k) terbesar diperoleh pada variabel massa (M) 5 kg. Hal ini terjadi karena pada proses insinerasi, massa limbah yang kecil akan lebih tereduksi dengan baik dibandingkan massa limbah yang besar.

Nilai k pada setiap variabel massa limbah (M) diperoleh dengan memplotkan nilai $-\ln(1-X)$ terhadap waktu proses (t) untuk setiap variabel massa limbah (M), seperti pada grafik 1 dan resume nilai k dapat dilihat pada tabel 3.



Tabel 3. Nilai k (Konstanta Kecepatan Reaksi) Pada Berbagai M

M (kg)	k	korelasi
5	1,0132	0,9602
10	0,8566	0,9650
15	0,8025	0,9650
20	0,7650	0,9605
25	0,7125	0,9446
30	0,6839	0,9608

Grafik 1. Grafik Penentuan Nilai k

Hubungan antara nilai reduksi (X) dengan waktu proses (t) dan massa limbah (M) dikorelasikan pada persamaan 2, sehingga diperoleh persamaan : $X = 0,756 \cdot M^{-0,003087} \cdot t^{0,06216}$. Pada persamaan tersebut, bahwa pada proses insinerasi, pengaruh waktu proses (t) terhadap nilai reduksi (X) lebih besar dibandingkan pengaruh massa limbah (M). Sehingga untuk meningkatkan efektifitas proses insinerasi RSUHS, dapat diperoleh dengan mengubah interval parameter waktu proses. Dapat diketahui, bahwa semakin besar nilai waktu proses, maka semakin besar nilai reduksinya.

SIMPULAN

1. Nilai reduksi limbah klinis dengan hasil rata-rata 92,193%, sebaga hasil yang optimal dicapai dengan waktu proses 3 jam .
2. Berdasarkan hubungan antara $-\ln(1-X)$ terhadap t berupa linier, membuktikan bahwa kecepatan reaksi pembentukan abu proses insinerasi mengikuti kinetika orde satu.
3. Nilai k optimal dicapai pada masa limbah 5 kg, yaitu $k=1,0132$ dan k minimal = 0,6839 pada massa limbah 30 kg. Nilai k mengalami penurunan karena kenaikan massa limbah mengakibatkan kecepatan reaksi menurun, sehingga proses reduksi menurun pula.

4. Waktu proses mempunyai pengaruh yang besar dibandingkan massa limbah klinis, sesuai dengan persamaan : $X = 0,756 \cdot M^{-0,003087} \cdot t^{0,06216}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Pembuangan Sampah, Depkes RI, APK-TS Jakarta, Pusdiknakes, 1987
- Anonim, Sanitasi Rumah Sakit di Indonesia, Depkes RI Jakarta, Ditjen PPM dan PLP, hal 63 – 70. 1998
- Dianita, Elliza, Studi Timbulan dan Komposisi Sampah Medis Rumah Sakit Serta Alternatif Penanganannya (Studi Kasus di Rumah Sakit Dr. Soetomo Surabaya), Teknik Lingkungan, ITS, 1997
- Litsky, Yanis and Bertha, Hospital Sanitation, Chicago, Clissold. 1996.
- Moat, AG., Microbial Physiologi, New York, 1979
- Reinhardt, P.A., dan J. G. Gordon, Pengelolaan Limbah Menular dan Limbah Medik (Buku I dan II), Jakarta, AKL Depkes RI., 1995.
- Shen, Thomas, Ui Yoing Choi and Louis Theodore, Juni, , Hazardous Waste Incinerator Training Manual, Manhattan College APTI-EPA, hal 25-1 – 25-18. 1985
- Stoner, David L., et al, Engineering A Safe Hospital Environment, New York,

John Willey and Sons, hal. 70 –
74,1982.

Sukirno, Ensiklopedia Nasional Indonesia
71, JUZ Jakarta, PT. Adi Cipta
Pustaka, Cet. I, hal. 180 – 181,1989.

Wilson, D. Gordon, *The Treatment and*
Management of Urban Solid Waste,
Tecnomicon Pub. Co., hal.99-143,
1972.

Yul H. Bahar, Teknologi Penanganan dan
Pemanfaatan Sampah, Jakarta,
PT.Waca Utama Pramesti Kerjasama
Pemda DKI Jakarta, Cet.I, 1986.